

# Hodnocení životního cyklu fosilních paliv a bioetanolu

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF FOSSIL FUELS AND BIOETHANOL

Jan Hromádko<sup>1</sup>, Jiří Hromádko<sup>2</sup>, Petr Miler<sup>1</sup>, Vladimír Hönic<sup>1</sup>, Pavel Štěřba<sup>3</sup><sup>1</sup>Česká zemědělská univerzita v Praze, <sup>2</sup>Ministerstvo životního prostředí, <sup>3</sup>TÚV SUD Auto CZ s. r. o.

Jedním z hlavních argumentů pro využívání biopaliv jsou ekologické důvody. Při spalování biopaliv se, v porovnání s klasickými fosilními pohonnými hmotami, uvolní výrazně nižší množství skleníkových plynů (Green House Gasses – GHG), a také se sníží produkce dalších anorganických a organických škodlivin obsažených ve výfukových plynech spalovacích motorů tj. oxidu uhelnatého (CO), oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>), nespálených uhlovodíků (HC), pevných částic (PM) a minoritních organických sloučenin s vysokým rizikovým potenciálem (např. polyaromatické uhlovodíky, aldehydy, alkeny). Biopaliva také vykazují lepší biologickou odbouratelnost ve srovnání s klasickými fosilními pohonnými hmotami.

Ekologickou výhodnost využívání biopaliv nelze hodnotit pouze finální produkcí škodlivin vznikajících při spalování biopaliva ve vozidle, ale je zapotřebí zohlednit celý „životní cyklus“ paliva zahrnující počáteční fázi produkce suroviny, přes výrobu paliva až po finální spálení ve vozidle. Pouze takto vytvořená komplexní analýza je objektivní a umožňuje zohlednit skutečnost, že v některých případech může výrobní fáze být natolik ekologicky a energeticky náročná, že je v celkové bilanci zcela negován pozitivní efekt konečné spotřeby paliva ve vozidle, nebo je jeho pozitivní efekt zanedbatelný.

Pro komplexní environmentální hodnocení jednotlivých motorových paliv se používá analýza hodnocení životního cyklu (LCA – Life Cycle Assessment), která se v kontextu s motorovými palivy označuje jako analýza od zdroje ke kolům (Well to Wheels Analyses). Výsledkem této analýzy je stanovení množství potřebované fosilní energie a množství vyprodukovaných emisí skleníkových plynů vozidlem na ujetou vzdálenost v rámci celého řetězce paliva.

## Well to Wheels (WTW) analýza

WTW analýzy porovnávají environmentální dopady jednotlivých druhů paliv, od klasických fosilních paliv (automobilový benzin a motorová nafta), přes alternativní paliva (stlačený nebo zkapalněný zemní plyn – CNG, LNG, zkapalněný ropný plyn – LPG a stlačený nebo zkapalněný vodík – CH<sub>2</sub>, LH<sub>2</sub>) až po biopaliva první a druhé generace (bioetanol, biometanol, bionafta, ETBE, FAME, syntetická motorová nafta a bioetanol z lignocelulóзовých materiálů). Analýzy také hodnotí různé druhy použitých technologických postupů a využití vedlejších produktů.

Každá WTW analýza se skládá ze dvou částí. První se nazývá od zdroje do nádrže tzv. Well to Tank (WTT) analýza. Posuzuje energetickou náročnost a produkci emisí skleníkových plynů v jednotlivých fázích výroby paliva, které předcházejí spálení

paliva ve vozidle. U fosilních paliv se jedná zejména o těžbu suroviny (ropy, zemního plynu), dopravu do rafinérií, výrobu paliva a distribuci do čerpacích stanic, u biopaliv se zohledňuje druh použité půdy pro pěstování, způsob jejího obdělávání, množství a druh použitých hnojiv, klimatické podmínky pro pěstování, sklizeň a přeprava biomasy, druh a kvalita biomasy, způsob výroby jednotlivých druhů biopaliv a distribuce do čerpacích stanic;

Druhá část se nazývá od nádrže ke kolům tzv. Tank to Wheels (TTW) analýza. Posuzuje energetickou náročnost a produkci emisí skleníkových plynů při spálení paliva ve vozidle. Zohledňuje tak kvalitu jednotlivých vyrobených paliv a také možnost spalování různých druhů paliv ve spalovacích motorech (účinnost při spalování atd.).

Dohromady pak tyto dvě části zohledňují celý životní cyklus jednotlivých druhů paliv od zdroje až ke kolům.

Za nejvýznamnější Well to Wheels analýzu motorových paliv pro evropský region lze považovat studii Well to Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context vypracovanou EUCAR (the European Council for Automotive R & D), CONCAVE (the Oil Companies' European Association for Environment, Health and Safety in Refining and Distribution) a JRC (the Joint Research Centre of the EU Commission). První pracovní verze byla publikována v roce 2003 a je neustále aktualizována. Poslední aktualizovaná verze studie byla publikována v roce 2007. Závěry této studie lze shrnout do následujících bodů:

- Klíčovou roli v produkci GHG emisí a při spotřebě energií hraje nejen charakter motorového paliva a způsob jeho výroby, ale i účinnost pohonné jednotky ve vozidle.
- Alternativa motorových paliv z obnovitelných zdrojů může přinést významné snížení GHG emisí, ale obecně za cenu vyšší energetické náročnosti.
- Výsledky analýzy vlivu na životní prostředí musí být vždy dále ještě hodnoceny z hlediska reálných zdrojů, praktické realizovatelnosti, výše nákladů a kladného přijetí veřejností.
- Přesun z fosilních k alternativním palivům z obnovitelných zdrojů je v současné době finančně velmi náročný. Snížení GHG emisí má vždy za následek zvýšení nákladů. Avšak vyšší náklady nemusí automaticky znamenat větší snížení GHG emisí.
- Neexistuje jednoduchá cesta, která by v blízké budoucnosti umožnila zajistit dostatečné množství „nízkouhlíkového“ paliva. Na trhu bude figurovat široké spektrum alternativních paliv v kombinaci řady výrobních technologií. Z důvodů průměrných nákladů se po přechodnou dobu v případech, kdy je to možné, jeví pravděpodobné využívání směsí konvenčních a alternativních motorových paliv.

- Výroba syntetických paliv nebo vodíku z fosilních zdrojů – uhlí nebo zemního plynu je efektivní z hlediska snížení GHG emisí ve fázi koncové spotřeby pouze za předpokladu, že se vhodnou technologií podaří zachytit a uskladnit oxid uhličitý vznikající v procesu výroby těchto paliv. Syntetická paliva a vodík mají v budoucnosti větší potenciál pro náhradu fosilních paliv než současná konvenční biopaliva (etanol, bionafta). Rozvoji velkokapacitní produkce tohoto typu paliv brání především vysoké náklady a složitost výroby.
- Optimální využití obnovitelných zdrojů, jako je biomasa a větrná energie, je nutno posuzovat z pohledu celkových požadavků na energii, tj. nejen v dopravě, ale i v energetice. (3)

**Well to Wheels (WTW) analýza bioetanolu**

K výrobě bioetanolu může být, ve své podstatě, použita jakákoli biomasa obsahující cukr nebo látky, které lze na cukry převést (škrob, celulóza). Dále lze bioetanol produkovat i z jakékoli lignocelulóznové biomasy.

Nejběžněji používanými plodinami pro výrobu bioetanolu jsou cukrová třtina, obiloviny (pšenice aj.) a cukrová řepa. Právě poslední dvě plodiny jsou považovány za hlavní zdroje výroby bioetanolu v Evropě v současné době. V posledních letech se do popředí zájmů dostává možnost výroby bioetanolu z lignocelulóznových surovin jako je dřevo a sláma. Při této výrobě však musí nejdříve dojít k rozštěpení celulózy na fermentovatelné cukry. Tento proces je však v současné době příliš náročný a využití tohoto postupu se předpokládá v blízké budoucnosti, asi za pět let.

V současné době existuje mnoho způsobů výroby bioetanolu. Při hodnocení dopadů spalování bioetanolu na životní prostředí je důležité si uvědomit, že konečnou spotřebu energie na produkci emisí skleníkových plynů ovlivňují především tyto dva faktory:

- způsob jakým je vyrobena potřebná energie pro technologický postup,
- způsob využití vedlejších produktů.

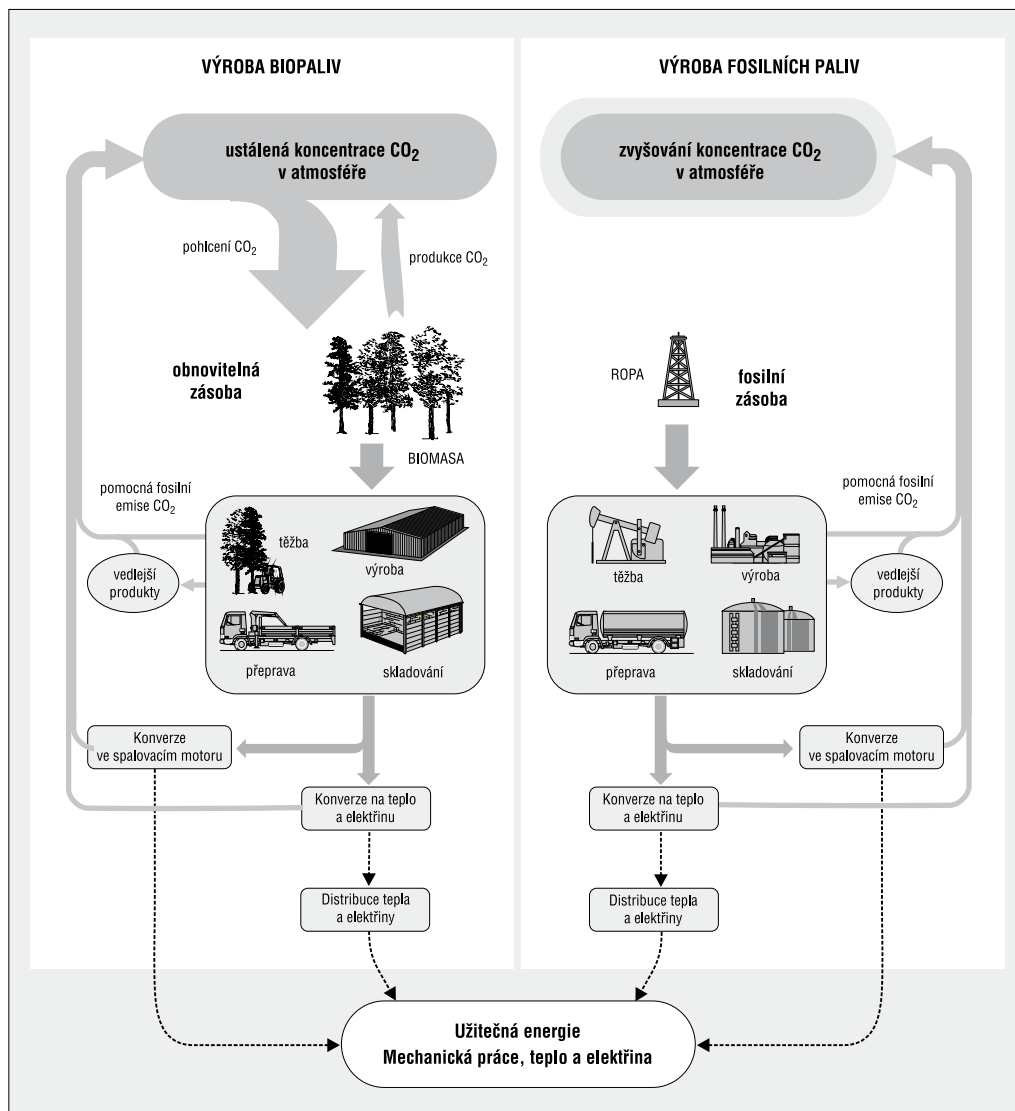
U výroby bioetanolu z obilí počítá výše zmíněná studie se čtyřmi základními způsoby výroby energie potřebné pro technologický

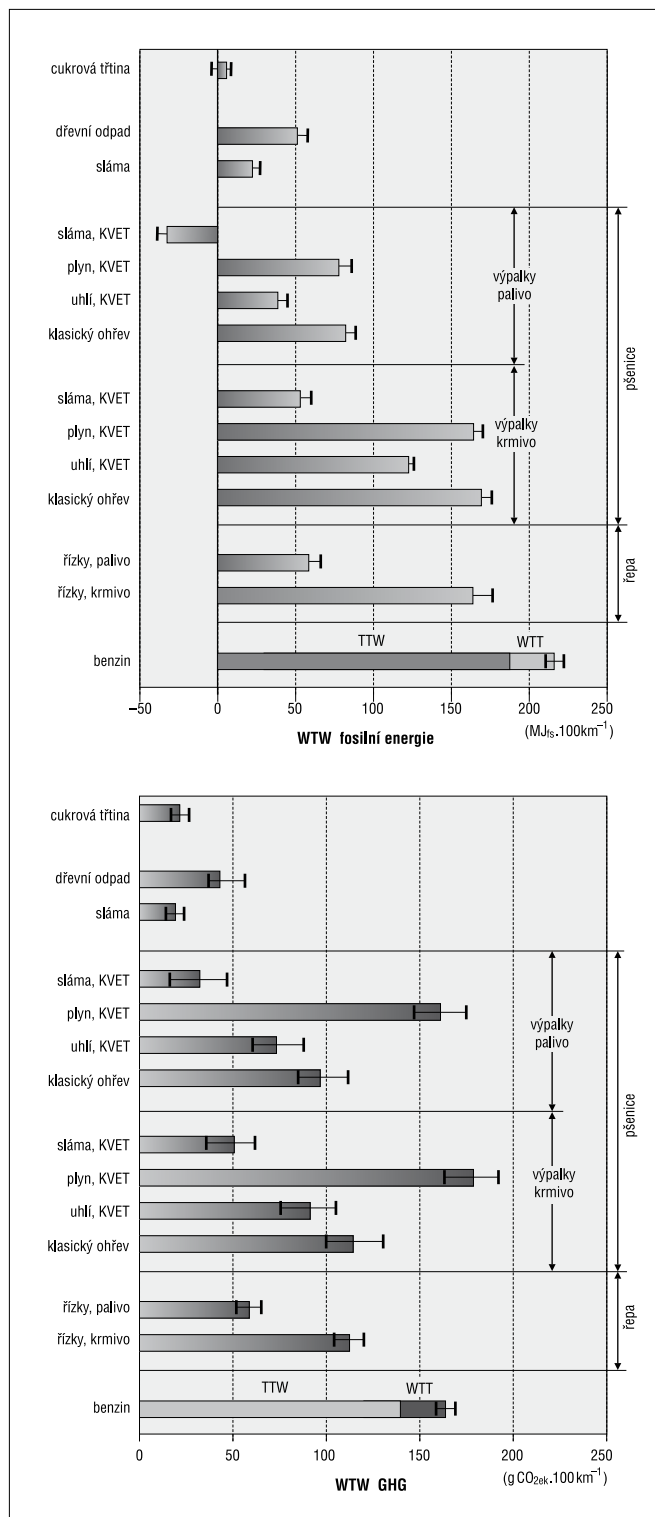
proces a se dvěma možnostmi využití vedlejších produktů. Nejjednodušším způsobem je získání tepla potřebného k technologickému procesu pomocí konvenčních kotlů a potřebné elektrické energie ze sítě. Jelikož je potřebná teplota pro technologický proces nízká, vzniká zde možnost výhodné kogenerace (současná výroba tepla a elektřiny). Kombinováním spalování zemního plynu s využitím plynové turbíny se výrazně zvyšuje efektivita vynaložené energie. V oblastech, kde je finančně dostupné hnědé uhlí, je jednodušší proces založit na vytápění uhlím spolu s výrobou elektrické energie pomocí parní turbíny. Je také možné použít pro získání potřebného tepla spalování slámy. Využití vedlejších produktů, lihových výpalků, se předpokládá buď jako palivo pro vstup do technologického procesu nebo jako krmivo.

U výroby bioetanolu z cukrové řepy počítá studie se dvěma způsoby využití výpalků, buď jako paliva pro technologický proces nebo jako krmiva (1).

Tradiční produkce bioetanolu poskytuje relativně nízkou úsporu energie z fosilních paliv a skleníkových plynů ve srovnání s automobilovým benzinem. Při zpracování cukrové řepy a pšenice pomocí současných technologií a při současném využití vedlejších produktů dojde k úspoře energie z fosilních paliv o 23 % a o snížení

Obr. 1. Produkce emisí skleníkových plynů při výrobě fosilních paliv a biopaliv (4)



Obr. 2. Spotřebovaná energie a vyprodukované emise CO<sub>2</sub> při využití bioetanolu (1)

Pozn.: KVET = kombinovaná výroba elektřiny a tepla (kogenerace)

produkce emisí o 30 % ve srovnání s výrobou automobilového benzínu.

Využitím kogenerace, zvláště kombinace zemního plynu s plynovou turbínou, zvyšuje úsporu fosilní energie až na 43 % a produkci emisí CO<sub>2</sub> na 45 %. Používání lignitu (málo kvalitní hnědé uhlí) spolu s kogenerací (kombinace lignitu a parní turbíny), může smazat výhody kogenerace, až do takové míry,

že dojde ke zvýšení produkce CO<sub>2</sub> ve srovnání se spalováním automobilového benzínu. Využívání slámy k ohřevu je z energetického hlediska velmi výhodné, naráží však na spoustu problémů. Z těchto důvodů není v současné době téměř využívána.

Využití výpalků pro energetické využití místo krmiva zvyšuje úsporu emisí GHG. Při výrobě bioetanolu z cukrové řepy s využitím výpalků pro vytápění může dojít k úspoře energie fosilních paliv až o 73 % a o snížení produkce emisí CO<sub>2</sub> až o 65 %. Ekonomické důvody však zatím tomuto způsobu využití moc nepřejí.

Moderní způsoby výroby bioetanolu z dřevní hmoty nebo slámy mohou poskytnout ještě vyšší úspory a to díky tomu, že část vstupní biomasy se použije jako palivo. Z tohoto důvodu se při výrobě bioetanolu spotřebuje jen malé množství energie fosilních paliv.

Relativně velký rozdíl mezi výrobou bioetanolu ze slámy nebo dřevěných zbytků je způsoben zcela jinými požadavky na chemický proces. Toto je znamení, že technologický proces nemusí být nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje výslednou úsporu energie fosilních paliv a produkce emisí CO<sub>2</sub>.

Zbytek cukrové třtiny po extrahování cukru, tj. bagasa, je vhodná pro použití jako palivo. Při tomto způsobu zpracování zbytků se využije celá rostlina. V nejlepších případech tak může dojít k nadbytečné výrobě tepla nebo elektřiny, která může být následně použita k vyrovnání energetické bilance, tak jak je tomu uvažováno v této studii. (1)

## Závěr

Z uvedeného článku vyplývá, že nemůžeme ekologickou výhodnost využívání biopaliv hodnotit pouze finální produkcí škodlivin vznikajících při spalování biopaliva ve vozidle. Je zapotřebí zohlednit celý „životní cyklus“ paliva zahrnující počáteční fázi produkce paliva, přes výrobu paliva až po finální spalení ve vozidle.

Celková spotřeba energie z fosilních paliv a produkce emisí skleníkových plynů jsou zejména ovlivněny druhem použitého fosilního paliva k získání energie pro technologický proces a využitím vedlejších produktů. Při výrobě bioetanolu z cukrové řepy nebo pšenice lze obecně konstatovat, že ke snížení spotřeby fosilní energie i produkce emisí skleníkových plynů dojde využitím zemního plynu k výrobě potřebné energie pro technologický proces a při používání vedlejších produktů jako paliva.

Nová směrnice Evropského parlamentu a Rady o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů uvádí, že výroba biopaliv by měla být udržitelná. Biopaliva využívaná k dosažení souladu s cíli stanovenými v této směrnici, tj. pro oblast dopravy dosáhnout minimálního 10% podílu energie z obnovitelných zdrojů na spotřebě benzínu a motorové nafty do roku 2020, a biopaliva na která se vztahují vnitrostátní režimy podpory, by tedy měla splňovat kritéria udržitelnosti.

Podle odst. 2 článku 17 této směrnice musí činit úspora emisí skleníkových plynů při používání biopaliv, zohledněná pro splnění cílů uvedené směrnice, alespoň 35 %. S účinností od 1. ledna 2017 musí úspora emisí skleníkových plynů činit alespoň 50 %. Úspora musí činit alespoň 60 % při používání biopaliv vyrobených v zařízeních, která zahájila výrobu 1. ledna 2017 nebo později.

Z rozboru uvedeného v tomto článku vyplývá, že potenciál splnění kritérií udržitelnosti při výrobě bioetanolu má bioetanol vyrobený z cukrové třtiny, lignocelulóзовých materiálů

a z cukrové řepy, případně obilí za využití pokročilých technologických procesů a za využití výpalků jako paliva pro technologický proces.

### Souhrn

Článek se zabývá posuzováním vlivu používání fosilních paliv a bioetanolu na životní prostředí. Pouze komplexní analýza, která zohlední celý „životní cyklus“ paliva, zahrnující počáteční fázi produkce paliva, přes výrobu paliva až po finální spálení ve vozidle, poskytuje objektivní zhodnocení dopadů daného druhu paliva na životní prostředí. Cílem příspěvku je seznámení čtenářů s nejznámějšími studii zabývajícími se hodnocením vlivu používání paliv na životní prostředí. Výsledkem všech studií je stanovení spotřeby energie a produkce emisí skleníkových plynů v celém životním cyklu v závislosti na způsobu výroby potřebné energie pro technologický proces a využití vedlejších produktů. V závěru jsou pak zmíněna kritéria udržitelnosti biopaliv obsažená v nově schválené směrnici Evropského parlamentu a Rady o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a seznam výchozích produktů (plodin) a použitých technologických procesů zajišťující splnění těchto kritérií.

**Klíčová slova:** bioetanol, fosilní paliva, emise skleníkových plynů, technologický proces, vedlejší produkty.

### Literatura

1. EUCAR, CONCAVE, JRC: *Well to Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context*. [online] cit. 13. 3. 2009, < <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW> >.
2. *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources*. Brusel, 11. 12. 2008.
3. ŠEBOR G., POSPÍŠIL M., ŽÁKOVEC J.: *Technickoekonomická analýza vřadných alternativních paliv v dopravě*. Výzkumná zpráva vypracovaná pro Ministerstvo dopravy ČR, VŠCHT Praha, červen 2006.
4. *Biofuels Primer: Technology, Energy & Environmental Balance*. The LEVON Group, LLC California, USA [online] cit. 13. 3. 2009, < <ftp://ftp.sni.technion.ac.il/events/16.10.07/miriam.pdf> >.
5. *Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport*. Brusel, 8. 5. 2003.
6. *Zákon č. 180/2007 Sb., kterým se mění zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší*.
7. MATĚJOVSKÝ V.: *Automobilová paliva*. Grada Publishing, a. s., Praha, 2005, 224 s., ISBN 80-247-0350-5.
8. *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the use of biofuels for transport and proposal for a Council Directive amending Directive 92/81/EEC with regard to the possibility of applying a reduced rate of excise duty on certain mineral oils containing biofuels and on biofuels*. COM (2001) 547 final, Brusel, 7. 11. 2001.
9. ŠEBOR G., POSPÍŠIL M., MAXA D.: Využití kapalných biopaliv pro pohon motorových vozidel. *Chemické listy*, 100, 2006. s. 30–35.
10. HÖNIG V., MILER P., HROMÁDKO J.: Bioetanol jako inspirace do budoucna. *Listy cukrov. řepař.*, 124, 2008 (7/8), s. 203–206.
11. HROMÁDKO J. ET AL.: Využití etanolu ve vznětových motorech. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (1), s. 24–27.
12. HROMÁDKO J. ET AL.: Ekonomická analýza využití bioetanolu v zážehových motorech. *Listy cukrov. řepař.*, 125, 2009 (3), s. 101–103.
13. TRNKA J.: Koncepce rozvoje biopaliv v České republice. *Listy cukrov. řepař.*, 124, 2008 (5/6), s. 148–149.
14. DOORNBOSCH R., STEEMBLIK R.: *Biofuels: Is the Cure Worse than the Disease. Round Table on Sustainable Development-Organisation for Economic Co-operation and Development*. Paris, 11.–12. 9. 2007.

### Tento článek vznikl za podpory:

Ministerstvo dopravy ČR, projekt č. CG912-058-520 „Metodika kvantifikace a vyhodnocení environmentálních a bezpečnostních vlivů dopravy“. Ministerstvo školství mládeže a tělovýchovy ČR, projekt (identifikační kód OC 193), součást akce EU COST 356 „Metody hodnocení a multidisciplinární ocenění vlivů dopravy na trvale udržitelné životní prostředí“.

### Hromádka J., Hromádka J., Miler P., Hönig V., Štěrbá P.: Life cycle assessment of fossil fuels and bioethanol

This article deals with the evaluation of influence of fossil fuels and bioethanol use on the environment. Only a comprehensive analysis, which takes into consideration the whole „life cycle“ of fuel (covering the start-up phase of fuel production, followed with the actual fuel production up to the final burn up in vehicles) provides an objective impact estimation of a certain fuel type on the environment. The aim of this paper is familiarization of the readers with the most widely known studies, which deal with life cycle evaluation of impact of fuels use on the environment. The result of all studies is an assessment of energy consumption and green house gases emission production in the whole life cycle in dependence on the needed energy making process and the secondary product utilization. At the end, there are mentioned the criteria of bio fuel sustainability, which are included in a new directive of the European parliament and of the Council on the subsidize of the use of energy from renewable sources and the list of feedstock (products) and the technological process applied, which can ensure an accomplishment of those criteria.

**Key words:** bioethanol, fossil fuels, Green House Gasses, technology process, by products.

### Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Jan Hromádka, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Kamýčká 129, 165 21 Praha 6 Suchbát, Česká republika, e-mail: [janhromadko@tf.czu.cz](mailto:janhromadko@tf.czu.cz)

